

ДОСЛІДЖЕННЯ СПРАЦЬОВАНОСТІ ЛОПАТОК ПЛАСТИНЧАСТО-РОТОРНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ВІД ТРИВАЛОСТІ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Е. Б. Алієв, к.т.н., завідувач відділу техніко-технологічного забезпечення насінництва, Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України, м. Запоріжжя
О. С. Гаврильченко, к.т.н., завідувач кафедри механізації виробничих процесів у тваринництві, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

В результаті проведених досліджень були отримані теоретичні залежності, що дозволяють визначити спрацьованість лопаток пластинчасто-роторних вакуумних насосів і теоретичний час їх наробітку. Встановлено, що теоретичний час спрацьованості текстолітових лопаток вакуумного насоса УВУ-60/45 складає 2000-2500 год.

Ключові слова: спрацювання, вакуумний насос, наробіток, технічний стан.

Постановка проблеми. Нормальний експлуатаційний режим вакуумної системи залежить від вакуумного насоса. Від його роботи і технічного стану залежатиме робота усіх вузлів і агрегатів, що входять до складу молочно-доїльного обладнання. Основними параметрами, що характеризують стан вакуумного насоса, є його продуктивність і вакуумметричний тиск, що максимально розвивається на всмоктуванні.

Аналіз результатів останніх досліджень. Параметри молочно-доїльного обладнання пов'язані між собою, і зміна одного призводить до зміни іншого. При падінні продуктивності насоса більш ніж на 20 % від паспортної, відбуваються значні за величиною і тривалістю коливання тиску (до 10-18 кПа замість регламентованих 2 кПа [1]), що призводить до гальмування рефлексу молоковіддачі, втрати продуктивності і жирності молока.

Однією з умов зниження збитків від відмов молочно-доїльного обладнання є вчасне технічне обслуговування вакуумних насосів [2, 3, 4]. Їх раптові відмови викликають зупинку процесу доїння корів. Провівши аналіз роботи вакуумної системи молочно-доїльного обладнання, можна зробити висновок про те, що її працездатність залежить від надійності кожного елемента системи. При цьому основним елементом у вакуумній системі є вакуумний насос. Розглядаючи конструктивні причини, видно, що на продуктивність пластинчасто-роторного вакуумного насоса впливає надмірний знос поверхонь – найбільший вплив робить торцевий знос лопаток насоса, що сполучаються з його кришками. Відхилення конструктивних параметрів (ширина, товщина і форма верхньої кромки) лопаток викликає втрату їх стійкості в процесі роботи вакуумного насоса. Знання граничного зносу пластин дозволяє планувати раціональну періодичність їх заміни.

Мета досліджень. Провести дослідження спрацьованості лопаток пластинчасто-роторного вакуумного насоса від тривалості його експлуатації.

Основна частина. Величина робочого вакууму молочно-доїльного обладнання залежить від статичного вакуумметричного тиску і його

коливань $P = P_{ст} - \Delta P$. Для визначення залежності коливань робочого вакууму від продуктивності вакуумної системи скористаємося формулою перепаду тисків Дарсі-Вейсбаха [5]

$$\Delta P = \left(\frac{\beta \cdot l}{D_{ВП}} \right) \cdot \frac{\rho \cdot V_{ВП}^2}{2}, \quad (1)$$

де β – коефіцієнт тертя повітря;

l – довжина вакуумпроводу, м;

$D_{ВП}$ – діаметр вакуумпроводу, м;

ρ – густина повітря, кг/м³;

$V_{ВП}$ – швидкість потоку, м/с;

ΔP – перепад тисків, Па.

Далі використовуємо формулу визначення витрат повітря

$$Q = \frac{V_{ВП} \pi D_{ВП}^2}{4}. \quad (2)$$

Виразимо швидкість потоку з формули (2) і підставимо у формулу (1), проведемо математичні обчислення і отримаємо

$$\Delta P = \frac{8Q^2 \beta \cdot l \cdot \rho}{\pi^2 D_{ВП}^5}. \quad (3)$$

Фактична продуктивність насоса визначається за формулою

$$Q = K(n_{об}) \cdot n_{об} \cdot V_{ц}, \quad (4)$$

де $n_{об}$ – частота обертання ротора, с⁻¹;

$K(n_{об})$ – коефіцієнт заповнення камери, що залежить від конструкції насоса і частоти його обертання (за даними Мжельского Н.І. він може коливатися в досить широких межах $K = 0,3-0,9$);

$V_{ц}$ – робочий об'єм насоса, м³

$$V_{ц} = L \left(\frac{1}{4} (D^2 - d^2) - \phi \cdot Z \cdot e \right), \quad (5)$$

де L – довжина лопаток, м;

D – діаметр статора, м;

d – діаметр ротора, м;

φ – товщина лопаток, м;
 Z – число лопаток;
 e – ексцентриситет, м

$$e = \frac{1}{2}(D-d). \quad (6)$$

Враховуючи (6) і (5), приведемо вираз (4) до наступного вигляду

$$Q = \frac{K(n_{об}) \cdot n_{об} \cdot L}{4} (D-d)(D+d-2\varphi Z). \quad (7)$$

Наступним етапом було дослідження залежності фактичної продуктивності насоса від часу його експлуатації t з урахуванням зносу лопаток. Як показують експериментальні дослідження [6], на продуктивність насоса впливають внутрішні перетікання повітря, які виникають в основному крізь торцеві щілини. Тому в процесі зносу лопаток внаслідок їх тертя об кришку насоса розмір торцевої щілини збільшується, тим самим зменшуючи об'ємну продуктивність насоса (рисунок 1).

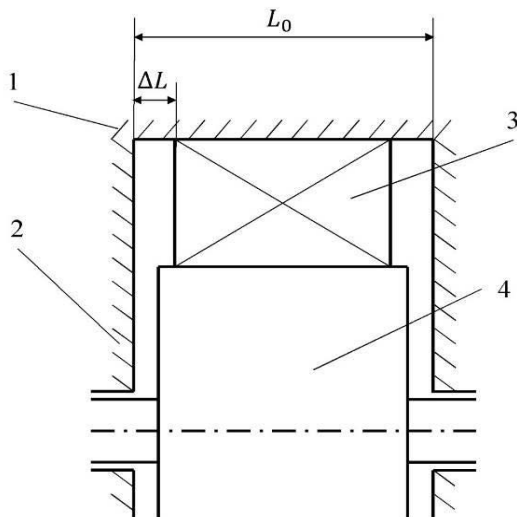


Рисунок 1 – Поздовжній переріз пластинчато-роторного вакуумного насоса: 1 – статор; 2 – бокова кришка; 3 – лопатка; 4 – ротор

Представимо довжину лопаток як функцію напруцювання

$$L = L(t) = L_0 - 2\Delta L(t), \quad (8)$$

$$P = P_{cr} - \frac{\beta \cdot l \cdot \rho}{2\pi^2 D_{ВП}^5} \left[K \cdot n_{об} \cdot \left(L_0 - 2 \frac{C_\gamma \cdot \vartheta \cdot F \cdot t}{\varphi \cdot b} \right) (D-d)(D+d-2\varphi Z) \right]^2. \quad (10)$$

Згідно з конструкцією молочно-доїльного обладнання та конструктивними параметрами ротаційного вакуумного насоса УВУ-60/45 з текстолітовими лопатками ($P_{cm} = 52 \text{ кПа}$, $L_0 = 0,032 - 0,04 \text{ м}$, $d = 0,088 - 0,092 \text{ м}$, $D = 0,105 - 0,112 \text{ м}$, $Z = 4$, $\varphi = 0,005 - 0,007 \text{ м}$, $n = 1500 \text{ об/хв}$, $K = 0,3 - 0,9$, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$,

де L_0 – початкова довжина лопаток, м;

$\Delta L(t)$ – функція зносу лопаток, м.

Розглянемо криву зносу пари лопатка-кришка насоса [7] (рисунок 2).

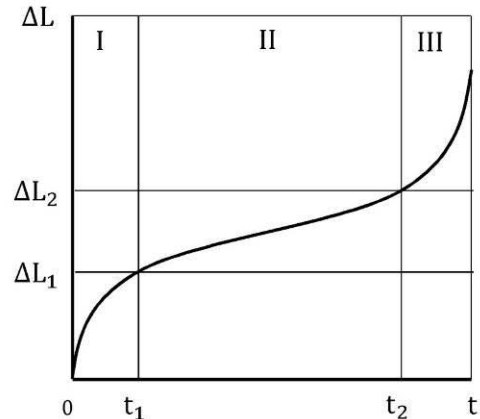


Рисунок 2 – Крива зносу пари лопатка-кришка насоса

На кривій зносу можна виділити три ділянки, що відповідають трьом стадіям зносу: I – приробіток поверхонь пари лопатка-кришка насоса; II – лінійний знос, що спостерігається при нормальній експлуатації насоса; III – стадія катастрофічного зносу.

Оскільки при нормальній роботі вакуумного насоса спостерігається лінійний знос пари лопатка-кришка насоса, то функція зносу лопаток має вигляд

$$\Delta L(t) = \frac{C_\gamma \cdot \vartheta \cdot F \cdot t}{\varphi \cdot b}, \quad (9)$$

де C_γ – характеристика зносостійкості матеріалів трибосистеми, Па^{-1} ;

ϑ – швидкість лінійного зносу, м/с;

F – сила між парю лопатка-кришка насоса, Н;

b – ширина лопатки, м;

t – тривалість експлуатації, с.

Знайдемо величину робочого тиску вакуумної системи молочно-доїльного обладнання, звівши вирази (4) і (7) – (9) у єдине рівняння

$\beta = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$, $l = 12 - 14 \text{ м}$, $D_{ВП} = 0,025 \text{ м}$), отримуємо графік залежності робочого тиску вакуумної системи від тривалості експлуатації (рисунок 3).

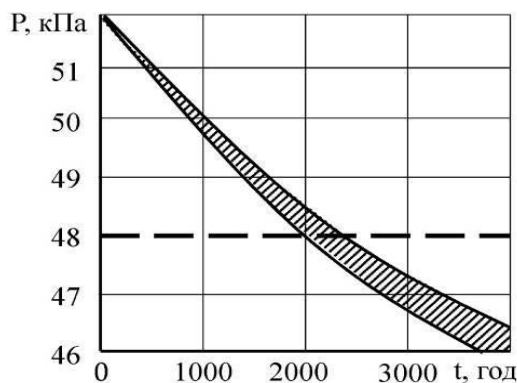


Рисунок 3 – Залежність величини робочого тиску вакуумної системи від тривалості експлуатації лопаток пластинчасто-роторного вакуумного насоса

Висновки. В результаті проведених до-

сліджень були отримані теоретичні залежності, що дозволяють визначити спрацьованість лопаток пластинчасто-роторних вакуумних насосів і теоретичний час їх наробітку. Встановлено, що теоретичний час спрацьованості текстолітових лопаток вакуумного насоса УВУ-60/45 складає 2000-2500 год.

Список використаної літератури:

1. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. – Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. – 52 p.
2. Шевченко І.А. Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок / І.А. Шевченко, Е.Б. Алієв / За редакцією доктора технічних наук, професора, член-кореспондента НААН України, І.А. Шевченка – Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд, 2013 – 156 с. – ISBN 978-966-2602-41-VIII.
3. Алієв Ельчин Бахтияр огли. Підвищення ефективності експлуатації вакуумної системи молочного-доїльного обладнання: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Алієв Ельчин Бахтияр огли. – Запоріжжя, 2012. – 177 с.
4. Колончук М. В. Эффективность ротационных вакуумных установок с профилированными рабочими элементами / М. В. Колончук // Агропанорама. – Минск, 2009. – № 4. – С. 4-10.
5. Schiroslawski W. Zur Anwendung von Instandhaltungsvorschriften in Anlagen der industriemassigen Tierproduktion / W. Schiroslawski // Agrartechnik, 1976. – № 26, 2. – P.71-74.
6. Механические вакуумные насосы / Е. С. Фролов, И. В. Автономова, В.И. Васильев и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 288 с.
7. Гаркунов Д. Н. Триботехника. Износ и безизносность / Д. Н. Гаркунов. – М.: МСХА, 2001. – 616с.

Алієв Е.Б., Гаврильченко А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ЛОПАТОК ПЛАСТИНЧАТО-РОТОРНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ОТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

В результате проведенных исследований были получены теоретические зависимости, позволяющие определить износ лопаток пластинчасто-роторного вакуумного насоса и теоретическое время их наработки. Установлено, что теоретическое время износа текстолитовых лопаток вакуумного насоса УСУ-60/45 составляет 2000-2500 ч.

Ключевые слова: износ, вакуумный насос, наработка, техническое состояние.

Aliev E., Gavrilchenko A. WEAR STUDY BLADES ROTARY VANE VACUUM PUMP ON THE DURATION OF ITS OPERATION

The studies were obtained theoretical dependences for determining the wear blades rotary vane vacuum pump and the theoretical time of their achievements. It was found that the theoretical time wear textolite blade vacuum pump MLD-60/45 is 2000-2500 hours.

Keywords: wear, vacuum pump, operating time, technical condition.

Стаття надійшла в редакцію: 27.09.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Тарельник В.Б.